

Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* Hook

Effects of sludge application on the initial growth of Eucalyptus citriodora Hook

Matias Freier¹, Ubirajara Contro Malavasi², Marlene de Matos Malavasi²

Recebido em 26/08/2005 ; aprovado em 02/03/2007.

RESUMO

Este estudo comparou efeitos de doses crescentes de biossólido no crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. O experimento foi implantado em vasos plásticos de 5L. Doses equivalentes a 0, 3, 6, 12, e 24 t ha⁻¹ de biossólido foram aplicadas a superfície do solo ou incorporadas ao mesmo. As variáveis de crescimento foram estimadas aos 100 e 203 dias após transplante. O modo de aplicação do biossólido afetou diretamente o desenvolvimento inicial das mudas. As doses equivalentes a 24 e 12 t ha⁻¹ resultaram em mudas de maior altura quando aplicadas sobre a superfície do solo do que quando incorporadas ao substrato. Não houve efeito estatístico das doses de biossólido no diâmetro do coleto das mudas nas duas épocas de mensuração. Mudas que receberam aplicação na superfície resultaram em coleto maior (4,39 mm) do que submetidas à incorporação (3,86 mm).

PALAVRAS-CHAVE: lodo de esgoto, eucalipto, modo de aplicação.

SUMMARY

This study compared the effects of increasing sludge rates on the early growth of *E. citriodora* Hook. The experiment used plastic pots (5 L. volume). Sludge rates equivalent to 0, 3, 6, 12 and 24 t ha⁻¹ were incorporated into the soil or applied at the soils surface. Growth variables were measured 100 and 203 days after planting. The sludge application method affected the seedling initial growth. Dosages equivalent

to 12 and 24 t ha⁻¹ promoted higher seedling height when applied at the soil surface than when they were incorporated to the soil. There was no significant effect of the sludge rates on the seedling stem diameter at both evaluation times. Sludge application at the soil surface promoted higher root collar diameter (4.39 mm) than sludge incorporation to the soil (3.86 mm).

KEY WORDS: sewage, development, eucalyptus, sewage application type.

INTRODUÇÃO

Juntamente com o crescimento urbano, a produção de resíduos da sociedade moderna também aumentou (SOBRINHO, 2000). O manejo dos resíduos urbanos encontra-se entre as questões mais importantes para a manutenção da qualidade do ambiente para alcançar um desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável. Em relação à produção de lodo oriundo das estações de tratamento de esgoto doméstico (biossólido), seu uso agrícola tem apresentado especial destaque. No entanto, restrições vinculadas à qualidade do resíduo limitam o uso irrestrito em cultivo de produtos alimentícios, fato de menor relevância em ecossistemas florestais.

Por possuírem grande quantidade de carbono orgânico, altas taxas de infiltração no solo, e não estarem diretamente associados à produção de alimentos, os ecossistemas florestais apresentam-se como alternativa potencial para a deposição final do biossólido oriundo de estações de tratamento de esgoto (ETE) de cidades pequenas e médias (VAZ; GONÇALVES, 2002). Em particular, os

¹ Engenheiro Agrônomo; Unioeste, PR, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Mal. Cândido Rondon, PR.

² Professor, Unioeste-CCA, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Mal. Cândido Rondon, PR, umala@unioeste.br.

povoamentos florestais podem constituir-se em áreas adequadas, não apenas para a produção de madeira visando a atender a enorme demanda da sociedade, mas também para a fixação de CO₂, e ciclagem dos resíduos orgânicos provenientes dos centros urbanos (POGGIANI; BENEDETTI, 1999).

Devido à futura operação do sistema de tratamento de esgoto da sede do município de Marechal Cândido Rondon - PR, este ensaio comparou os efeitos de doses e do modo de aplicação do lodo de esgoto, ou biossólido, no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* Hook em condições de LATOSSOLO VERMELHO eutroférico característico da região.

MATERIAL E MÉTODOS

Para produção das mudas foram utilizados tubetes de 50 cm³ com substrato comercial (Plantimax-Florestal) e sementes adquiridas do IPEF (São Paulo). Trinta dias após a emergência, efetuou-se desbaste deixando uma planta por tubete. As mudas foram conduzidas em local aberto (24°33'40" S; 54°04'12" W) utilizando sombrite (40% de sombreamento) em horas mais quentes do dia.

Durante o período de permanência nos tubetes, as mudas receberam água quando necessário e 5 g L⁻¹ da fórmula 10-10-10 para 5 litros de água por metro quadrado de canteiro dos tubetes a cada duas semanas.

Quatro meses após semeadura, as mudas foram transplantadas para vasos. O ensaio utilizou 90 vasos plásticos com capacidade de 5 litros preenchidos com LATOSSOLO VERMELHO eutroférico (Lve) peneirado (malha de 5 mm) comum na região de Cascavel, PR. Cada vaso recebeu apenas uma muda. Os resultados dos teores totais de nutrientes contidos no solo utilizado são apresentados na Tabela 1.

O ensaio testou o efeito de cinco doses do biossólido seco nas quantidades de 0; 10,8 g; 21,6 g; 43,2 g; e 86,4 g por vaso que correspondeu às dosagens de 0, 3, 6, 12, e 24 t ha⁻¹. A adição foi efetuada diretamente sobre a superfície do solo ou manualmente incorporada ao conteúdo de solo do vaso. Originário da estação de tratamento de esgoto de Cascavel-PR, o biossólido (lodo de esgoto) apresentou as concentrações de nutrientes e de alguns metais pesados transcritos na Tabela 2.

Tabela 1- Atributos químicos do LATOSSOLO VERMELHO eutroférico utilizado.

P mg dm ⁻³	MO G dm ⁻³	PH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	H+Al	Al ³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	Al	
			Cmol _c dm ⁻³								%
2,25	4,69	4,63	4,96	0,30	0,23	1,53	0,69	2,45	7,41	33,06	10,91

P e K= Extrator Mehlich; Al, Ca e Mg= KCl 1 mol L⁻¹; H+Al= pH SMP (7,5).

Tabela 2 - Concentração de nutrientes e metais pesados no biossólido utilizado.

Concentração (%)					Quantidade (mg kg ⁻¹)						
N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	Cd	Cr	Pb
1,10	5,60	0,30	2,50	2,47	279,00	951,75	182,80	43.750	0	51,65	228,40

Os vasos foram mantidos em local aberto com suplementação de água quando da ausência de precipitação pluviométrica por mais de cinco dias consecutivos. As variáveis biométricas avaliadas incluíram: altura da planta, número total de folhas, diâmetro do coleto, a área foliar total quantificada com ADC Área Meter, e as biomassas seca aérea e radicular aos 100 e 203 dias após o transplante das mudas.

Na primeira avaliação (100 dias pós-plantio) foram sorteadas 5 mudas para cada uma das combinações dose e modo de aplicação do biofósforo, ficando as remanescentes (4 mudas) para a avaliação final (203 dias pós-plantio).

O ensaio foi instalado e conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial composto por 5 doses, 2 modos de aplicação, com 5 repetições (vasos) na primeira época de avaliação e 4 repetições na segunda época de avaliação. Devido à proporcionalidade entre as médias e os desvios padrões nos diversos tratamentos, as análises foram realizadas com a transformação logarítmica das mensurações executadas. Para o peso seco de raízes na primeira avaliação foi executada a transformação logarítmica adicionando-se o valor um de acordo com Banzatto e Kronka (1992).

As análises das variâncias foram realizadas utilizando o pacote ESTAT (V 2.0). Quando detectada ausência de interação e significância do efeito individual de uma ou mais fontes de variação utilizou-se o teste de Tukey ($\alpha=0,05$) para comparação entre as médias. Quando a interação foi significativa, as comparações de interesse foram realizadas utilizando o teste de Tukey ($\alpha=0,05$) desdobrando os efeitos das doses dentro dos modos de aplicação do biofósforo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 100 dias pós-plantio, a ANOVA resultou em efeito estatisticamente significativo para modo de aplicação do biofósforo na altura das mudas de eucalipto ($F=11,42$; $GL=1$ e 39 ; $P=0,001$). Mudanças em vasos com biofósforo na superfície do solo atingiram maior altura do que mudas em vasos nos quais o material foi incorporado ao substrato (Tabela 3). O crescimento em altura do presente ensaio no qual foi utilizado solo peneirado como substrato dos

Tabela 3 - Altura média das mudas de eucalipto em função da dose e do modo de aplicação de biofósforo 100 dias após transplante.

Doses (t ha ⁻¹)	Altura (cm)	Modo de Aplicação	Altura (cm)
0	94,63 ^{a*}	Superfície	125,21 ^a
3	104,58 ^a	Incorporado	98,49 ^b
6	112,17 ^a		
12	120,30 ^a		
24	127,74 ^a		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

vasos foi de 4 a 5 vezes maior daquele com mudas de *eucalyptus grandis* aos 100 dias após germinação reportado por Trigueiro e Guerrini (2003) que utilizaram misturas de biofósforo e casca de arroz carbonizada.

A análise de variância das medições em altura das mudas aos 203 dias pós-plantio indicou interação significativa entre os efeitos da dose e do modo de aplicação do biofósforo ($F=2,95$; $GL= 4$ e 39 ; $P=0,05$). Mudanças de eucalipto em vasos que receberam o biofósforo na superfície do substrato (tratamento não-incorporado) não apresentaram diferenças. Modelo linear de regressão ajustado ($\text{altura cm} = 130,35 + 0,145 \text{ dose ton ha}^{-1}$) aos dados revelou não ser significativo. Por outro lado, mudas de eucalipto com doses de biofósforo incorporado no substrato responderam com maior crescimento; o modelo linear de regressão ($\text{altura cm} = 140,75 + 1,738 \text{ dose ton ha}^{-1}$) apresentou coeficiente de determinação ajustado de 40 % e $P= 0,05$ (Figura 1).

O diâmetro do coleto das mudas aos 100 e 203 dias pós-plantio não foi influenciado ($P>0,05$) pelas doses utilizadas. No entanto, a aplicação do lodo de esgoto na superfície do substrato resultou em mudas com maiores diâmetros (4,39 mm; 6,82 mm) do que quando o biofósforo foi incorporado (3,86 mm; 5,99 mm) aos 100 e 203 dias após transplante, respectivamente. A comparação destes diâmetros com aqueles (1,94 a 2,57 mm) do ensaio de Trigueiro e Guerrini (2003), também evidenciam diferenças mesmo quando mensurados após o mesmo período de crescimento (100 dias).

Similarmente a variável diâmetro do coleto, a área foliar total das mudas de *E. citriodora* Hook não foi influenciada pelas doses do biofóssido ($P>0,05$) utilizados no ensaio. A análise de variância indicou apenas efeito significativo do modo de aplicação do biofóssido tanto aos 100 dias ($F=5,42$; $GL= 1$ e 39 ; $P=0,05$) como aos 203 dias ($F=6,16$; $GL= 1$ e 39 ; $P=0,05$). Quando adicionado à superfície do substrato resultou em valores estatisticamente maiores ($1.187,9$ cm^2 e $1.085,7$ cm^2) do que daqueles obtidos ($804,3$ cm^2 e $925,2$ cm^2) com mudas em vasos onde houve incorporação do biofóssido ao substrato aos 100 e 203 dias pós-plantio, respectivamente.

A análise estatística revelou interação significativa ($F=2,74$; $GL= 4$ e 39 ; $P=0,05$) entre doses e modo de aplicação para o número médio de folhas das mudas 100 dias pós-plantio. O efeito das doses do biofóssido apenas diferiu quando

aplicado sobre a superfície do substrato (Tabela 4). aos 203 dias pós-plantio, a variável número de folhas mostrou apenas diferença estatística quanto ao modo de aplicação do biofóssido ($F=5,11$; $GL= 1$ e 39 ; $P=0,05$). O número de folhas nas mudas de eucalipto que receberam o biofóssido na superfície do substrato (34,77) foi maior do que quando incorporado (27,38).

Apenas o modo de aplicação do biofóssido apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a biomassa seca da parte aérea das mudas de *E. citriodora* aos 100 ($F=5,90$; $GL= 1$ e 39 ; $P=0,05$), e aos 203 ($F=7,41$; $GL= 1$ e 39 ; $P<0,01$) dias pós-plantio. A adição do lodo de esgoto na superfície do substrato resultou em maiores valores da biomassa seca aérea (7,92 g e 16,94 g) do que os mensurados na condição do biofóssido incorporado ao substrato (5,42 g e 13,33 g), respectivamente aos 100 e 203 dias.

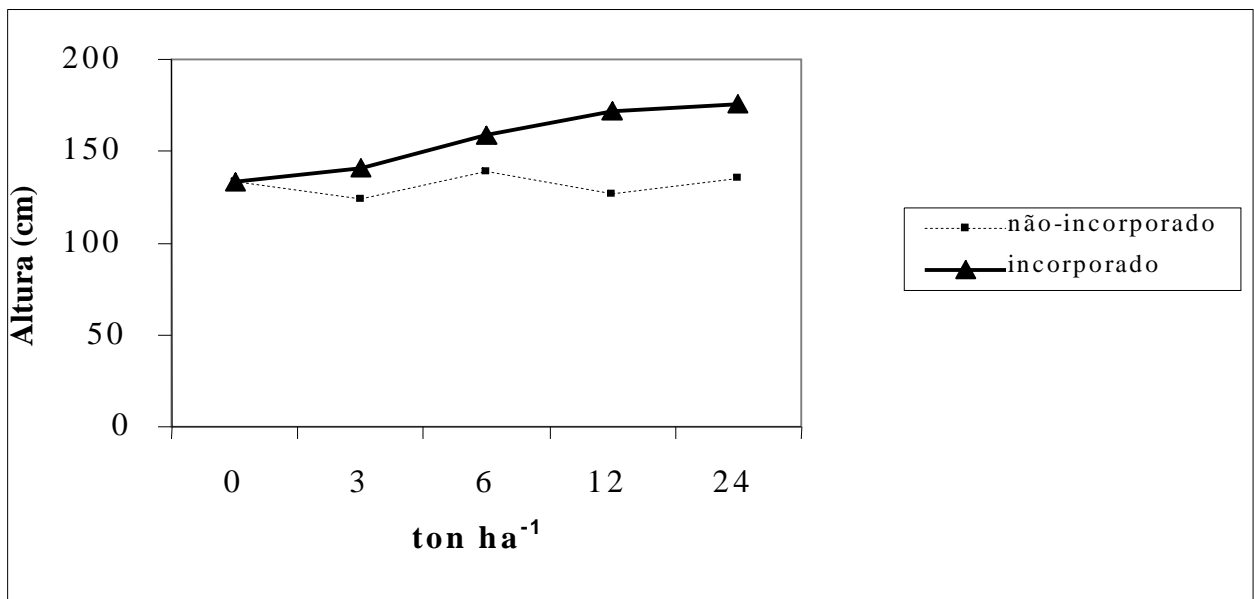


Figura 1 - Altura média das mudas de eucalipto em função da dose e do modo de aplicação de biofóssido 203 dias após transplante.

Tabela 4 - Número médio de folhas em função da dose e do modo de aplicação de biofóssido 100 dias após transplante.

Modo de Aplicação	Doses (t ha ⁻¹)				
	0	3	6	12	24
Superfície	38,86 ^{Aab*}	26,31 ^{Ab}	30,88 ^{Aab}	34,24 ^{Aab}	51,42 ^{Aa}
Incorporado	38,86 ^{Aa}	23,57 ^{Aa}	22,65 ^{Aa}	36,97 ^{Aa}	24,05 ^{Ba}

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A biomassa seca das raízes, por outro lado, não sofreu efeito estatisticamente significativo ($p>0,05$) quer do modo de aplicação quer da dose do bioestabilizado nas duas mensurações.

Exceto para a biomassa seca radicial, mudas conduzidas em vasos que receberam aplicação do bioestabilizado na superfície do substrato expressaram maiores valores para as variáveis mensuradas do que as oriundas de mudas em vasos nos quais o bioestabilizado foi incorporado. Mello et al. (1983), Tisdale et al. (1985), Sposito (1989), Barros e Novais (1990), e Myazawa (1999) reportaram redução na disponibilidade de nutrientes devido às reações de precipitação ocasionadas pelas mudanças de pH e formação de quelatos com os componentes húmicos do solo e/ou adsorção pelas frações minerais ou orgânicas do solo com o aumento da dose de bioestabilizado.

Os elevados teores de Zn e Cu do lodo de esgoto e o pH ácido do substrato podem ter influenciado o crescimento inicial das mudas deste ensaio. Por apresentar elevados teores de Zn e Cu, a incorporação do bioestabilizado utilizado pode ter inibido o desenvolvimento vegetal enquanto que a aplicação na superfície do substrato retardou tal efeito. Cunningham et al. (1975) observaram redução na produção de milho e centeio com a aplicação de 63 t ha⁻¹ de um lodo de esgoto com elevados teores de Cu e Zn, cuja interação influenciou negativamente na produção. O efeito mencionado foi agravado em solos ácidos, onde a solubilidade dos metais é maior. Relatado por Malavolta et al. (1997), o pH ácido aumentou a disponibilidade de Fe, Cu, Mn e Zn no solo. Outra possível justificativa é a de que com a aplicação sobre a superfície do substrato o lodo degradar-se-ia parcialmente pela ação da radiação solar.

CONCLUSÕES

As doses do bioestabilizado utilizadas no ensaio alteraram altura, diâmetro do coleto, área foliar, número de folhas e biomassa seca aérea de mudas de *E. citriodora* conduzidas em vasos. Comparada à aplicação na superfície do substrato, a incorporação ao solo interferiu significativamente reduzindo o crescimento inicial de mudas *E. citriodora*. A aplicação

superficial de bioestabilizado da ETE não interferiu com o desenvolvimento das mudas estudadas até 203 dias após transplante apesar da presença de alguns componentes fitotóxicos no bioestabilizado utilizado (Zn e Cu). Desta forma, a deposição de bioestabilizado na superfície de um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico na região oeste paranaense mostra-se promissora até a dose de 24 t ha⁻¹ durante a fase inicial de crescimento de *E. citriodora*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal : Departamento de Ciências Exatas. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, 1992. p. 58.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo - eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. 330 p.
- CUNNINGHAM, J. D.; RYAN, J. A.; KEENEY, D. R. Phytotoxicity in and metal uptake from soil treated with metal-amended sewage sludge. **Journal of Environmental Chemistry**, v.4, p.455-460, 1975.
- ESTAT. Sistema para análises estatísticas. Pólo computacional/Departamento de Ciências Exatas. Jaboticabal: UNESP-FCAV - Campus de Jaboticabal. V.2.0.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. p.31.
- MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.
- MIYAZAWA, M., Efeito do lodo de esgoto nos teores de metais pesados no solo e na planta. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. (Org.). **Reciclagem de bioestabilizado**: transformando problemas em soluções. Curitiba: SANEPAR, 1999. p. 204-225.
- POGGIANI, F.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade do lodo de esgoto urbano em plantações de eucaliptos. **Silvicultura**, Rio de Janeiro, v.80, p.48-51, 1999.
- SOBRINHO, P.A. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.

Jaguariúna : EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. P.11-24.

SPOSITO, G. **The chemistry of soil**. New York : Oxford University, 1989. 277 p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. USA: Macmillan, 1985. 754 p.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Uso de bio-sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.64, p.150-162, 2003.

VAZ, L.M.; GONÇALVES, J.L.M. Crescimento inicial e fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com bio-sólido. **Sitientibus**, Feira de Santana, v.26, p.151-174, 2002.